Die Abhängigkeit der Eigenschaften der Silikate von der Viskosität der Säure.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des zahnärztlichen Doktorgrades

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn.

✱

Vorgelegt am 31. März 1939

von

Ludwig Lummer

Zahnarzt

aus Oelde i. Westf.

Bonn 1939.

Anton Brand, Bonn.

Gedruckt
mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Prof. Dr. Balters
Korreferent: Prof. Dr. Schulemann.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546404_0029

GLIEDERUNG.

A. Einleitung:

Geschichtlicher Überblick über die Silikatfrage.

B. Hauptteil.

Die Abhängigkeit der Eigenschaften der Silikate von der Viskosität der Säure.

a) Die Theorie der Silikate nach den neuesten Erkenntnissen.

b) Praktische Versuche.

1. Physikalische Versuche.
2. Chemische Versuche.

C. Zusammenfassung.

Unter den zahnärztlichen Füllungsmaterialien nehmen die Silikate eine besondere Stellung ein; die Erfahrungen mit ihnen lassen die Ansichten und Meinungen der Praktiker nirgendwo mehr auseinandergehen, als gerade bei diesen.

Schon kurz nach dem Erscheinen der Silikatzemente auf dem Markte setzten die Klagen ein, die sich in erster Linie auf die Pulpenschädigung bezogen. Gerade diese Pulpenschädigung, welche in der ersten Zeit die Klagen gegen die Silikate hervorrief, erklärt auch zur Zeit die noch bestehende Abneigung gegen die Silikatzemente, obwohl ihre neuesten Verbesserungen das Vertrauen zu ihnen wieder mehr zu wecken scheinen. Umfangreiche Versuche und Forschungen haben nämlich in erfreulicher Weise Mittel und Wege gefunden, diese Füllungsmaterialien zu verbessern, nachdem etwa durch drei Jahrzehnte hindurch das Problem der Silikate Zahnärzte und Chemiker beschäftigt hat.

Für die Pulpenschädigung hat man die verschiedensten Ursachen verantwortlich gemacht. Zunächst glaubte man in dem Vorhandensein von Arsenik den Grund der Pulpenschädigung entdeckt zu haben. Aber nachdem Silikate auf dem Markte waren, deren Analyse auch keine Spur von Arsen mehr zeigte, hörten die oben erwähnten Schädigungen doch noch nicht auf. Dann machte man Bakterien dafür verantwortlich, die zwischen Kavitätenrand und der Füllung zur Pulpa hingelangen konnten, d. h. man schrieb dem Silikat einen schlechten Randschluß zu. Diese Vermutung schien zunächst ihre Bestätigung zu finden, denn Proell teilte mit, im Jahre 1913 eine Kontraktion von 3% gemessen zu haben. Das entspricht auf 1 cm Länge einer Kontraktion von 300 μ. Diese enorme Kontraktion, die Proell feststellte, findet ihre Erklärung in den Versuchsbedingungen. Die Angaben Proells konnten nämlich durch die Arbeiten Klauers gegenbewiesen werden; denn die Untersuchungen des letzteren haben ergeben, daß alle zahnärztlichen Zemente nicht nur überhaupt keine Kontraktion hervorrufen, sondern bei der Abbindung sogar expandieren.

Schließlich machte man die Phosphorsäure, bzw. phosphorsaure Salze für die Pulpenschädigung verantwortlich. Diese Annahme hat sich durch die Untersuchung Königs bestätigt.

Wir wissen ja, daß die Silikate mit Phosphorsäure angerührt werden. Je mehr Phosphorsäure die den Silikaten beigegebene Flüssigkeit enthält, umso größer wird auch die Gefahr der Pulpenschädigung sein. Die Lösung wird in solchem Falle, d. h. bei fortschreitender Konzentration immer zähflüssiger oder viskoser. Dadurch werden aber auch die anderen Eigenschaften der Silikate verändert.

Die vorliegende Arbeit erstrebt als Hauptziel, die Bedeutung der Viskosität bei den Silikatzementen darzulegen. Um nun das Verständnis dafür zu fördern, erscheint es mir als nächste Aufgabe notwendig zu sein, mich mit der Theorie und dem Wesen der Silikate zu befassen.

Nach den neuesten Anschauungen besteht das Silikatpulver aus Bindemasse und Härtemasse, die beide durch ihre Abbindung bei Berührung mit Phosphorsäure das Material erhärten lassen.

Der Erhärtungsvorgang geht nun so vor sich, daß sich die Bindemasse mit der Phosphorsäure zu Salzen der Heteropolysäure verbindet, d. h. es entstehen keine reinen Phosphate, sondern die Phosphorsäure wird in einen schon bestehenden Komplex eingebaut. Diese komplizierten Verbindungen machen überhaupt das Wesen der Abbindung so schwer verständlich. Beim Einbau in die Verbindungen wird allerdings Wasser frei; außerdem ist in der Phosphorsäure selbst schon Wasser vorhanden, mit Ausnahme vielleicht vom Idra-Silikat, dessen Säure so konzentriert genommen worden ist, daß keine freie Ionen vorhanden sein sollen. Diese Behauptung ist allerdings nur Theorie und jederzeit praktisch zu widerlegen.

Das Wasser wird nun von der Härtemasse aufgenommen und zwar als Kristallwasser. Nach den Anschauungen Klauers ist die Härtemasse ebenso wie die Bindemasse in dem Pulver als unterkühlte Schmelze vorhanden. Leider ist dieser Zustand nicht hundertprozentig, sondern Klauer hat nachgewiesen, daß wir auch einen großen Teil des Silikatpulvers kristallin vor uns haben, daß also eine Ent-

glasung stattgefunden hat. Die Kristalle werden sich eben umbauen müssen, während sie sich sonst erst bilden.

Ist zuviel Phosphorsäure und zu wenig Wasser in der Flüssigkeit vorhanden, dann werden die Kristalle eben Phosphorsäure anstelle von Wasser aufnehmen müssen. Wir haben bei der Härtemasse Kristalle, die zusammenwachsen, aber ihren Halt erst durch die verkittende Wirkung der Bindemasse bekommen. Aus diesen kurzen Ausführungen ergibt sich ohne weiteres die Wirkungsweise der beiden Komponenten. Die Bindemasse wird sich ihrer chemischen Natur nach schnell abbinden, die Härtemasse ihrem physikalisch-chemischen Vorgang nach langsam auskristallisieren. Die Bindemasse verkittet die Kristalle, ergibt also die Festigkeit und die Dichte des Materials, während die Härtemasse das Material härter, aber auch spröder macht. Eine chemische Reaktion ist fast immer mit einer Kontraktion verbunden. Am besten sehen wir das daraus, daß z. B. zwei Moleküle Wasserstoff und ein Molekül Sauerstoff, also zusammen drei Moleküle bei der Reaktion miteinander zwei Moleküle Wasser ergeben. Umgekehrt ist es bei der Kristallisation; hier wird nämlich Wasser eingebaut. Dadurch tritt eine Vergrößerung des Volumens, also eine Expansion ein.

Aus dieser kurzen Darlegung wird klar, daß die Eigenschaften der beiden Komponenten weit auseinandergehen und daß das Verhältnis von Bindemasse zur Härtemasse genau berechnet werden muß. Nehmen wir als Beispiel die Abbindezeit. Je mehr Bindemasse, umso kürzer die Abbindezeit und umgekehrt. Die Abbindezeit muß also genau bestimmt sein, falls das Material verwendungsfähig sein soll. Die Härte nimmt mit steigendem Härtemasseanteil zu; dafür nimmt aber auch die Sprödigkeit zu, wie wir bereits erwähnt haben. Es sind uns also Grenzen in beiden Richtungen gesetzt, die nicht überschritten werden dürfen. Fügen wir noch hinzu, daß die Volumbeständigkeit vom Verhältnis Bindemasse zur Härtemasse abhängig ist, so erkennen wir, wie wichtig das rechte Verhältnis von Bindemasse zur Härtemasse ist.

Insbesondere ist bei dieser Frage das Verhältnis der Phosphorsäure in Wasser und die Viskosität der Säure zu beachten.

Die Viskosität der Säure ist bei den einzelnen Präparaten sehr verschieden. Erstrebenswert ist eine Säure, die neben der hohen Viskosität eine möglichst geringe Säurekonzentration besitzt. Es wurden in Verkennung dieser Tatsache bereits Versuche gemacht: man denke dabei an das vor einiger Zeit auf den Markt gekommene Idra-Silikat, welches einen gewaltigen Säureüberschuß besaß, der das Material zu einer direkten Gefahr für die Pulpa macht. Der andere Nachteil war das schwierige Anrühren.

Um meine Versuche mit der Viskosität durchführen zu können, stellte ich Untersuchungen mit dem Klauerschen (abgekürzt K.) Material an. Dieses Silikat hat eine sehr viskose Säure, die aber nicht durch eine Konzentrationsvergrößerung der Säure hervorgerufen ist, sondern im Gegenteil eine denkbar niedrige freie Säurekomponente besitzt. Die Viskosität ist vielmehr durch kolloidal gelöste Phosphate, die nach Angabe des Herstellers durch Zusatz von Schutzkolloiden und katalytisch wirkenden Substanzen in Lösung gehalten werden, bedingt. Die Klauersche Formel für die Abbindezeit lautet:

$$\frac{\text{Physikalisch-chemischer Vorgang — Viskosität — Flüssigkeitsmenge — Säureüberschuß}}{\text{chemischer Vorgang — Temperatur — Kornfeinheit.}}$$

Daraus ergibt sich, daß die Abbindezeit umso länger dauert, je viskoser die Säure ist; dagegen umso kürzer, je weniger Säureüberschuß vorhanden ist, was in unserem zu untersuchenden Material bereits zutrifft, d. h. bei Erhöhung der Viskosität und bei Verringerung des Säureüberschusses bleibt die Abbindungszeit nahezu konstant.

Unter der Viskosität selbst verstehen wir die innere Reibung eines Körpers, d. h. die Moleküle besitzen weniger Bewegungsfreiheit. Zur Messung der Viskosität gibt es verschiedene Methoden:

Man kann die Ausflußgeschwindigkeit messen, unter der die viskose Flüssigkeit bei gleichmäßigem Druck aus dünnen Kapillaren austritt. Man kann auch die Geschwindigkeit messen, mit der eine Kugel in das Material einsinkt; man kann ferner den Widerstand

messen, den das Material beim Rühren oder bei einer Zentrifugalbewegung dem Körper entgegensetzt. Alle diese Methoden ergeben zusammen ein Bild der Viskosität.

Die Viskosität ist natürlich stark von der Temperatur abhängig, und zwar ist sie umso größer, je niedriger die Temperatur ist.

Es gibt noch eine Methode, die für die Bestimmung der Viskosität geeignet ist und die uns besonders in unserem Falle ein anschauliches Bild gibt. Das ist die Prüfung, bei der man ein Stäbchen in die Flüssigkeit hineintaucht und die Masse, die beim Herausziehen an dem Stäbchen hängen bleibt, wiegt. Daraus ergibt sich die große Adhäsionsfähigkeit viskoser Lösungen. Diese Adhäsionsfähigkeit überträgt sich natürlich auch auf die angerührte Paste, sie ist also klebekräftiger oder haftintensiver geworden. Von einer Klebekraft bei erhärteten Materialien kann man nicht mehr sprechen; man redet von der Haftintensität, weil ein erhärteter Körper keine Klebekraft mehr besitzt. Hier komme ich also schon auf einen Punkt meiner Untersuchungen, nämlich auf die Messung der Klebekraft im weichen bzw. der Haftintensität im erhärteten Zustande. Bekanntlich wird der gute Randschluß eines Materials durch zewi Faktoren ausgelöst: erstens durch die Volumbeständigkeit, auf die ich noch zu sprechen komme, und zweitens durch die Haftintensität. Also, ein Punkt der Vorbedingung für einen guten Randschluß ist bei unserem neuen Versuchsmaterial schon erfüllt, nämlich je viskoser die Flüssigkeit, umso größer die Haftintensität.

Einen anderen Vorteil habe ich schon erwähnt, und das ist die verminderte Säureabspaltung. Das Material kommt, wie oben schon ausgeführt, mit einer viel weniger freie Säure enthaltenden Flüssigkeit in Berührung und hat infolgedessen viel weniger Säureüberschuß. Der Säureüberschuß ist übrigens direkt meßbar, und zwar ist er meßbar durch die Abbindungszeit. Wir nehmen ein Material von einer gewissen Säurekonzentration mit bestimmten kolloidalen Zusätzen, lassen es abbinden und prüfen die Erhärtungszeit. Diese beträgt beispielsweise 3 Minuten bis zur ersten Erhärtungszeit bei 22° C. Nun nehmen wir diese Flüssigkeit und machen sie dadurch viskoser, daß wir eine konzentriertere Säure zugeben. Die Erhärtungszeit wird

dadurch, wenn wir sie mit demselben Material anrühren, bedeutend verlängert. Bei derselben Temperatur und derselben Plastizität der Masse beträgt sie ca. 9 Minuten. Nun nehmen wir unsere erste Flüssigkeit wieder und machen sie dadurch viskoser, daß wir der Flüssigkeit statt konzentrierter Säure kolloidal gelöste Stoffe zugeben, bringen sie auf dieselbe Viskosität wie beim zweiten Versuch und prüfen die Erhärtungszeit wieder. Wir stellen fest, daß trotz der größeren Viskosität die Erhärtungszeit ebenfalls nur 3 Minuten dauert. Dadurch haben wir bewiesen, daß der Säureüberschuß eine Verlängerung der Abbindungszeit bewirkt und wir aus der Verkürzung der Abbindungszeit bei gleichem Pulver direkt auf den Säureüberschuß schließen können, bei gleicher Viskosität.

Wenden wir uns nun der Pulveraufnahmefähigkeit, d. h. der Dichte des Materials zu. Wie bekannt ist, haben die Silikate einen ziemlich großen Säureüberschuß. Diesen Säureüberschuß zu reduzieren, war unser Ziel. Wir haben aber nicht etwa dadurch die Flüssigkeitsmenge verringert, daß wir eben die Phosphorsäure herausgenommen haben, sondern wir haben anstelle der Phosphorsäure durch die kolloidal gelösten Stoffe Wasser hineingebracht. Wir können uns dieses am besten am Beispiel des Zinkoxydes vorstellen. Zinkoxyd und Phosphorsäure ergibt Zinkphosphat + Wasser, in der Formel: $Zn\,O + H_3\,PO_4 = Zn\,H\,PO_4 + H_2O$. Wir haben also statt eines Moleküls Phosphorsäure ein Molekül Wasser in der Flüssigkeit. Infolgedessen nimmt die Flüssigkeit genau so viel Pulver auf wie die, welche nicht mit kolloidal gelösten Phosphaten gesättigt ist. Wir haben also erstens das Pulver in der Flüssigkeit oder vielmehr in der angerührten Paste und zweitens auch noch die kolloidal gelösten Stoffe, die natürlich bei der Abbindung sofort ausfallen. Dadurch haben wir eine viel größere Pulvermenge in das Material hereinbekommen, da die kolloidal gelösten Stoffe, die nachher ausfallen, noch zusätzlich hinzukommen. Durch diesen größeren Pulverzusatz, der trotzdem niemals die Kristallisationsgrenze überschreitet, haben wir eine viel größere Dichte des Materials erreicht. Dieses äußert sich vor allen Dingen in der Eindringtiefe von Farblösungen.

Lassen wir eine abgebundene Silikatkugel aus dem Klauer'schen Material 48 Stunden in Methylenblau liegen, so sehen wir, daß die Farblösung nur die Oberfläche benetzt hat und nicht in das Innere des Materials eingedrungen ist. Bei den übrigen Materialien haben wir eine gewisse Zone. Schlechtes Material wird ganz von kleinen Farbadern durchdrungen. Diese Zone rührt aber zum Teil daher, daß das Material hydratisiert, d. h. Phosphorsäure abgibt und Wasser dafür aufnimmt. Mit dem Wasser werden auch die Farbkörper aufgenommen und daher die große Zonenbildung. Diese Hydratisierung geht bekanntlich ca. 24 Stunden lang vom Beginn des Flüssigkeitszutritts an vor sich. Im Munde bedeutet das also, daß, sobald die Vaselin-, Wachs- oder Lackschicht abgesprungen ist, die Silikatfüllung, Sillikatkrone oder Silikatbrücke 24 Std. lang hydralisiert. In diesen 24 Stunden können aber irgendwie gefärbte Materialien in den Mund und damit in den Speichel gelangen, die von dem Zahn mit aufgenommen werden und sich natürlich nicht wieder entfernen lassen. Man stelle sich z. B. vor, daß der Patient am Abend nach dem Legen der Silikatfüllung Waldbeeren ißt. Diese Farblösung wird sich natürlich dem Speichel mitteilen und bei der gerade stattfindenden Hydratisierung als Kristallwasser in die Härtemasse eingebaut werden. Diese Gefahr ist durch das neue Material weiter gebannt.

Die größere Dichte bewirkt aber auch eine größere Festigkeit. Wenn wir uns die Sache ganz grob vorstellen, so können wir uns ein Silikat, das mit wenig Pulver angerührt ist, als eine sehr poröse Masse vorstellen. Daß eine derartig poröse Masse in Bezug auf Kantenfestigkeit niemals einem dichteren Material vergleichbar ist, liegt wohl auf der Hand. Deswegen ist auch der Stopfdruck so wichtig. Je größer dieser nämlich ist, umso stärker wird das Material komprimiert und umso dichter wird es auch. Über die Wichtigkeit des Stopfdrucks ist allerdings schon soviel geschrieben worden, daß ich es mir versagen kann, hier näher darauf einzugehen. Unser Material wird durch den Stopfdruck natürlich noch weiter komprimiert und dadurch die Eigenschaften noch weiter verbessert. Die Härte des Materials wird auch durch die Dichte günstig beeinflußt. Aller-

dings möchte ich an dieser Stelle nochmals betonen, daß es auf die Härte bei Silikaten allein nicht ankommt. Wir wollen ein Material haben, das sich in gleicher Weise wie der Zahn abnutzt. Es ist ein großer Fehler, die Härte übermäßig zu steigern; denn dadurch wird eben der Antagonist umso mehr abgenutzt. Deswegen verwerfen wir auch z. T. die Porzellankronen, weil sie viel härter als der natürliche Zahn sind und den Antagonist lockern.

Eng mit der Härte ist die Sprödigkeit verbunden. Das Jota-Werk wurde oft gefragt, warum es seine Silikatbrücken empfehle, wo doch Porzellanbrücken nur mit sehr großen Einschränkungen verwendbar seien. Darauf ist zu erwidern, daß Härte und Sprödigkeit im selben Verhältnis miteinander wachsen, also bei Beschränkung der Härte naturgemäß auch die Elastizität größer gehalten werden muß.

Ein besonderer Punkt ist die Säurelöslichkeit der Silikate. Es gibt Patienten, die einen sehr sauren Mundspeichel besitzen. Bei diesen Patienten sind haltbare Inlays fast eine Unmöglichkeit; denn diese Inlays müssen ja alle mit Phosphatzement einzementiert werden. Da sich Phosphatzement besonders leicht selbst in ganz verdünnten Säuren löst, so können hier Inlays leicht herausgewaschen werden. Aber auch für diese Patienten soll das Silikat zu gebrauchen sein. Infolgedessen ist hier auch die Säurelöslichkeit von ausschlaggebender Bedeutung.

Unser zu untersuchendes Material ist nach Angabe des Herstellers schon auf diese Weise geschützt, daß es alle leicht löslichen Verbindungen ausgeschaltet hat und durch unlöslichere ersetzt hat. Ich erhielt vom Hersteller darüber folgende Angaben: Die meisten Silikate enthalten Natriumsalze. Diese Natriumsalze bzw. Kalisalze, die zur Gruppe der Alkalien gehören, sind restlos eliminiert worden. Statt dessen werden jetzt Salze der Erdalkaligruppe verwandt, die viel unlöslicher sind. Das war natürlich die Vorbedingung für eine möglichst geringe Säurelöslichkeit. Dazu kommt noch, wie immer, die größere Dichte.

Je dichter das Material ist, umso weniger löslich ist es. Aber nicht nur die Säurelöslichkeit, auch die Alkalilöslichkeit ist in gleicher

Weise verbessert worden. Die Alkalilöslichkeit ist vielleicht ein besonders wichtiger Punkt, da der Speichel meistens alkalisch ist. Glücklicherweise sind die meisten auf dem Markte befindlichen Silikate gegen Alkalien ziemlich unempfindlich, sodaß also unter normalen Verhältnissen mit einem Auswaschen einer Silikatfüllung nicht zu rechnen ist.

Die Dichte des Materials bedingt also auch eine Vergrößerung der Kantenfestigkeit. Das ist besonders deshalb zu begrüßen, weil die neue Entwicklung der Silikate darauf hinausgeht, nicht nur Füllungen aus Silikat, sondern große Aufbauten, Kronen, sogar Brücken aus Silikat herzustellen. Das Jota-Werk ist diesen Weg gegangen, und ich kann nur auf die Ausführungen des Werkes verweisen. Ein Wort noch über die Transparenz.

Die Transparenz wird hervorgerufen durch die Härtemasse und richtet sich deshalb auch nach dem Kristallisationswasser. Bei den gewöhnlichen Silikaten, die mit einer starken Hydratisierung rechnen, wird also die Transparenz nicht nur durch die beginnende und weiter fortschreitende Kristallisation geändert, sondern auch durch die Hydratisierung. Durch die Reduzierung der Hydratisierung bei unserem Material ist also die Änderung der Transparenz und damit, wie Korte ausgeführt hat, auch die Farbwirkung weniger zu befürchten und damit dem Zahnarzt viel eher die Möglichkeit gegeben, die Farbe eines Silikates beim Anrühren zu bestimmen, als bei anderen Silikaten. Diese hier angeführten theoretischen Ausführungen mögen nun durch die Praxis und durch die Versuche ihre Bestätigung finden.

Unsere Versuche gliedern sich in physikalische und in chemische Untersuchungen. Von den physikalischen werden wir vor allen Dingen die Druckfestigkeit, Kantenfestigkeit, Reibungsverschleiß, Schlag- und Stoßfestigkeit prüfen, außerdem noch die Transparenz und die Verfärbung.

Bei den chemischen Versuchen kommt es vor allen Dingen auf die Säure- und Alkalilöslichkeit, ferner auf die Säureabspaltung an. Prüfungen mit dem Orthotest auf Volumbeständigkeit und Eindring

tiefe für Farblösungen, die uns ja auch ein Bild dafür geben, wie Bakterien eindringen können, runden die Untersuchungen ab.

I. Die physikalischen Versuche: Mit den Prüfungen auf Druckfestigkeit beginnen wir unsere physikalischen Versuche. Die Druckfestigkeit ist innerhalb bestimmter Grenzen unabhängig von der Höhe des Körpers, d. h. soweit kein Knickungsmoment in Frage kommt. Sie richtet sich also nur nach den beiden Grundflächen.

Der Versuch wird folgendermaßen ausgeführt: Ein zylindrischer Körper von 4 mm ∅ wird steigendem Druck ausgesetzt, und der Punkt wird gemessen, an dem der Körper auseinanderbricht. Die Grundfläche beträgt also $2 \times 2 \times \pi \quad 4 \times 3{,}14 = 12{,}56$ mm² oder 0,1256 cm². Auf ein Quadratzentimeter bezogen muß die gefundene Druckfestigkeit noch mit $\frac{100}{12{,}56}$ = ca. 8 multipliziert werden.

Versuch: Der zylindrische Körper mit 4 mm ∅ und 5 mm Höhe wurde mit 3 Kilogramm Stopfdruck bei 10° angerührt, geformt und nach 10 Minuten der Form entnommen. Dann wurde die Oberfläche mit Vaseline bedeckt. Wir ließen dann diesen Körper 96 Stunden in destilliertem Wasser liegen und prüften anschließend die Druckfestigkeit.

Tabelle I: Druckfestigkeit in kg pro cm²

Material	Versuch I	II	III	Mittelwert
Diasilik	2632	1460	2320	2137,33
F.P. 7	1020	965	990	991,66
Idra	1100	1120	1170	1130,00
K.-Material	3230	4000	2620	3316,66

Auswertung: Der Versuch auf Druckfestigkeit ist besonders schwierig durchzuführen; denn es müssen die beiden Flächen des zu untersuchenden Materials genau planparallel sein. Außerdem muß der Zylinder vollkommen gerade sein. Zuerst machten wir eine Form von 6 mm ∅. Die Kreisfläche betrug demnach: $3 \times 3 \times 3{,}14 = 28{,}26$. $100 : 28{,}26 = 3{,}5$. Es ist also 3,5 die Zahl, mit der die Werte multi-

pliziert werden müssen, um die Druckfestigkeit auf ein Quadratzentimeter zu erhalten. Da ich auf der mir zur Verfügung gestellten Druckmaschine Beanspruchungen bis zu 500 kg ausführen konnte, so glaubte ich nach den Werten von Domin mit der 6-mm-Form auskommen zu können. Das war aber ein Trugschluß, denn $500 \times 3{,}5$ ergibt eine Maximaldruckfestigkeit von 1750 kg pro cm^2. Das viskose Material K. hatte aber viel höhere Druckfestigkeitswerte. Ich ließ mir infolgedessen eine Form anfertigen, die nur 4 mm ∅ besaß und achtete vor allen Dingen darauf, daß die Form mit höchster Präzision gearbeitet war, da bei einem nicht planparallelen Versuchsmaterial nicht die Druck-, sondern die Kantenfestigkeit gemessen wird.

Morelli gibt den Kaudruck der einzelnen Zähne wie folgt an:

Obere Zahnreihe	12—15	14—17	18—23 kg mm^2
Zähne	1	2	3
Untere Zahnreihe	13—17	12—16	16—20 kg mm^2

Wenn wir auch diese Zahlen uns nicht zu eigen machen wollen, so kommen wir doch mit unserem neuen Material durchschnittlich auf 33 kg pro mm^2, können also auch bei dieser ungünstigen Annahme Kronen- und Brückenherstellung aus Silikat verantworten.

II. Die Prüfung auf Kantenfestigkeit.

Als zweite Untersuchung führten wir die Prüfung auf Kantenfestigkeit durch. Die Kantenfestigkeit ist unabhängig von der Form des Körpers und richet sich nur nach der gespaltenen Fläche. Am zweckmäßigsten nimmt man aber eine leicht zu berechnende Fläche. Wir nehmen deshalb einen zylindrischen Körper von 5 mm ∅ und 5 mm Höhe und belasten ihn steigend bis zum Bruche im Mittelpunkt der oberen Grundfläche mit einer Spitze. Die gespaltene Fläche beträgt dann: 5 mm × 5 mm = 25 mm^2 = $^1/_4$ cm^2. Bezogen auf ein Quadratzentimeter müssen also die gefundenen Werte mit 4 multipliziert werden.

Die Versuchsanordnung nimmt denselben Verlauf wie bei der Prüfung auf Druckfestigkeit.

Tabelle II: Kantenfestigkeit in kg pro cm².

Material	Versuch I	II	III	Mittelwert
Dialisik	198	183	170	183,66
F.P. 7	140	149	135	141,33
Idra	155	140	157	150,66
K.-Material	245	230	232	239,00

Die Ergebnisse bieten einen weiteren Beweis für die Güte meines zu untersuchenden viskosen Materials. Die verbesserten Eigenschaften erklären sich also vor allen Dingen daraus, daß eben eine größere Dichte des Materials erreicht worden ist. Im übrigen führten wir nebenbei die Versuche auch mit der Kugel durch, indem wir eine Kugel zwischen zwei planparellelen Platten steigenden Drucke aussetzten, so daß also nur an den beiden Berührungspunkten sich der Druck auswirken konte.

III. Prüfung auf Schlag- und Stoßfestigkeit.

Die Prüfung auf Schlag- und Stoßfestigkeit wurde mit der Jota-Prüfmaschine durchgeführt. Diese ist folgendermaßen gebaut: In einem geschlossenen Kasten, der auf 37° (maximale Mundhöhlentemperatur) erwärmt wird, rotieren kleine Porzellantrommeln. In diese Porzellartrommeln werden kleine Kugeln aus dem zu untersuchenden Material hineingegeben. Durch den Aufprall gegen die Wände der Porzellantrommeln werden dann die Kugeln abgenutzt. Die Gewichtsdifferenz gibt uns ein Bild von der Schlag- und Stoßfestigkeit. Wir haben nun lange geschwankt, ob wir diese Kugeln trocken oder naß rotieren lassen sollten, haben uns dann aber doch entschlossen, die Trommeln außerdem mit destilliertem Wasser zu beschicken und zwar aus folgenden Gründen: 1. Die Abnutzung der zahnärztlichen Zemente im Munde geht auch nur in feuchter Umgebung vor sich. 2. Die zahnärztlichen Zemente trocknen beim Liegenlassen an der Luft stark aus und bilden an der Oberfläche eine kreidige Schicht, die leicht entfernt werden kann. 3. Sehr viele zahn-

ärztliche Zemente bekamen an der Luft Risse und Sprünge, die das Material schädigen.

Der Versuch geht folgendermaßen vor sich. Ein Silikatkörper wird zu einer Kugel geformt. Gewicht und Durchmesser der Kugel werden bestimmt. Darauf läßt man die Kugel 24 Stunden hydratisieren. Gewicht und Durchmesser der Kugel werden wiederum bestimmt. Dann wird die Kugel in eine mit 50 cm² destilliertem Wasser gefüllte Trommel gelegt und läßt sie darin 48 Stunden bei Mundhöhlentemperatur rotieren. Wir erhielten nun durch die Gewichtsdifferenzen aufschlußreiche Beziehungen zwischen den einzelnen Silikaten. Die gefundenen Werte waren aber nicht ohne weiteres vergleichbar. Die einzelnen Silikate haben nämlich verschiedene spezifische Gewichte. Eine Kugel von einem Kubikzentimeter Rauminhalt wog 2,2 g, eine zweite 2,4 g, eine dritte 2,0 g. Eine schwerere Kugel wird nun mit einer viel größeren Wucht auf die Wandung der Trommel aufprallen als eine leichtere. Wenn trotzdem die Kugel mit dem größeren spezifischen Gewicht am besten abschnitt, so ist das besonders hoch zu bewerten, weil diese Kugel gerade am meisten beansprucht wurde. Wir können daraus ermessen, welch große Vorteile eine möglichst hohe Dichte des Materials hat.

Tabelle III: Verschleiß in Prozenten.

Material	Versuch I	II	III	Mittelwert
Diasilik	— 12,3	— 12,6	— 12,2	— 12,36
F.P. 7	— 14,5	— 14,3	— 14,1	— 14,30
Idra	— 13,7	— 13,0	— 13,3	— 14,33
K.-Material	— 10,7	— 10,9	— 11,2	— 10,93

Auswertung: Die Versuche zeigten, daß die Ergebnisse alle ziemlich nahe nebeneinander lagen, ein Beweis dafür, daß in dieser Hinsicht die Abnutzung weniger eine Rolle spielt. Wohl selten dürfte eine Abnutzung eines Silikats festgestellt worden sein, sondern man spricht immer nur von einem Auswaschen. Die Härte des Materials spiel also die geringste Rolle in dem Silikatproblem.

IV. Die Prüfung auf Reibungsverschleiß.

Noch günstigen lagen die Ergebnisse beim Reibungsverschleiß. Diese Untersuchungen wurden wieder in der Jota-Prüfmaschine ausgeführt. Zum Unterschied von dem vorigen Versuch mußten wir hier aber die Wände der Porzellankammer mit Gummi auskleiden, um eben die Schlag- und Stoßwirkung auszuschalten. Als Reibungs- und Schleifmittel benutzten wir Siliziumkarbit. Diese Prüfung wurde ebenfalls wieder feucht ausgeführt und zwar aus eben denselben Gründen, die wir oben bereits angeführt haben. Die Versuchsanordnung unterschied sich von der vorigen dadurch, daß wir das zu untersuchende Material viel länger rotieren ließen.

Tabelle IV: Reibungsverschleiß in Gewichtsprozent.

Material	Versuch I	II	III	Mittelwert
Diasilik	0,27	0,25	0,29	0,27
F.P. 7	0,25	0,26	0,23	0,25
Idra	0,23	0,24	0,20	0,22
K.-Materil	0,19	0,21	0,20	0,20

Auswertung: Auch bei dem Reibungsverschleiß gilt das von der Schlag- und Stoßfestigkeit Gesagte. Die Werte für den Reibungsverschleiß sind so außerordentlich niedrig, daß sie praktisch wohl wenig in Frage kommen.

V. Die Prüfung auf Volumveränderung.

Bezüglich der Untersuchungen auf Volumveränderung verweise ich auf die grundlegenden Ausführungen Klauers in der Z.R. Nr. 27, Jahrg. 1938. Danach gibt es 3 verschiedene Expansionen und ebenso drei verschiedene Kontraktionen, nämlich:

1. Bei der Abbindung expandiert die Härtemasse und kontrahiert die Bindemasse.
2. Die Hydratisierung bewirkt eine Expansion; die Austrocknung bewirkt eine Kontraktion.

3. Eine Temperatursteigerung hat eine Expansion zur Folge; eine Temperaturerniedrigung eine Kontraktion zur Folge.
4. Je fester ein Material angerührt wird, umso mehr expandiert es; je dünner ein Material angerührt wird, umso weniger expandiert es.

Wie wirken sich nun diese verschiedenen Kontraktionen und Expansionen bei unserem neuen K.-Material aus.

Ad. 1. Das Verhältnis von Härtemasse zur Bindemasse ist nicht verschoben worden. Infolgedessen hat sich auch hinsichtlich diesese Punktes nichts geändert gegenüber den gewöhnlichen Silikaten.

Ad. 2. Die Hydratisierungsexpansion ist nahezu gleich Null geworden. Sollen wir das als Nachteil bezeichnen? Wo wirkt denn nun eigentlich diese Hydratisierungsexpansion in der Praxis? Doch offenbar nur da, wo Flüssigkeiten mit den Silikaten in Berührung kommen. Dieses geschieht an der Oberfläche, die der Mundhöhle zugekehrt ist, denn dort hat der Speichel freien Zutritt. Wie steht es denn nun mit der Oberfläche der Füllung, die der Kavität anliegt? Durch die Gewebsflüssigkeit der Dentinkanälchen (D.Z.W. Nr 48, Jahrg. 1937, Königs) kommt auch diese Oberfläche zur Hydratisierung. Dieser Vorgang ist aber auch für die vitale Pulpa äußerst schädlich (Säureschädigung) und man versucht deshalb mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln, ihn zu unterbinden. Als solche nenne ich Neuthrazid, Pphosphatzement, Lacke, Harze, Verkalkungspräparate. Ist eine derartige Wechselwirkung zwischen Gewebsflüssigkeit einerseits und Phosphorsäure andererseits abgeschnitten, so tritt auch keine Hydratisierung und infolgedessen auch keine Expansion ein. Die Expansion wirkt sich also praktisch nur auf dem Teil der Oberfläche aus, die mit dem Mundspeichel in Berührung kommt und hat infolgedessen für einen guten Randschluß überhaupt keine Bedeutung.

Ad. 3. Bezüglich der Temperatur ist zu sagen, daß es natürlich vollkommen gleichgültig ist, welches Zement wir verarbeiten, wenn es auf die Temperaur der Umgebung ankommt. Nur das ist zu bemerken, daß die Reaktionswärme unsere Materials längst nicht so stark ist wie bei anderen Silikatzementen. Das beruht darauf, daß

die große innere Reibung der Moleküle die Abbindung der Bindemasse verlangsamt, während die Härtemasse schneller auskristallisiert.

Ad. 4. Die vergrößerte Pulveraufnahmefähigkeit unseres Silikates bewirkt auch eine größere Dichte, die sich in einer vergrößerten Expansion auswirkt. Daß dabei auch der Stopfdruck eine Rolle spielt, bedarf wohl keiner weiteren Erwähnung. Bei der Ausführung der Versuche will ich mich an die von Klauer aufgestellten Versuchsbedingungen halten (Z.R. Nr. 27, Jahrg. 1938).

Tabelle V: Expansion in μ pro cm linear.

Material	Versuch I	II	III	Mittelwert
Diasilik	+ 4,5	+ 4,3	+ 4,7	+ 4,50
F.P. 7	+ 4,6	+ 4,5	+ 4,3	+ 4,46
Idra	+ 4,7	+ 4,8	+ 4,5	+ 4,66
K.-Material	+ 4,7	+ 4,6	+ 4,8	+ 4,70

Auswertung: Die Ergebnisse zeigen also, daß ein guter Randschluß bei allen Silikaten vorliegt; demnach Bakterienschädigungen der vitalen Pulpa unter Silikatfüllungen so gut wie ausgeschlossen sind, oder aber auf unsachgemäßes Verarbeiten (zu dünnes Anrühren) zurückzuführen sind.

VI. Die Prüfung auf Dichte.

Die Dichte des Materials prüften wir mit Farblösungen. Um die vorhin schon besprochene Erscheinung der Hydratisierung zu untersuchen, führten wir die Untersuchung durch zwei verschiedene Methoden aus. Einmal wurden die Prüfkörper, die bei gleicher Konsistenz, bei gleicher Temperatur und gleichem Stopfdruck geformt waren, nach 25 Minuten in die Farblösung gebracht. Dann wurden aber auch die Materialien geprüft, die nach dem Erhärten noch 24 Stunden in destilliertem Wasser hydratisiert hatten. Es zeigte sich dabei, daß bei den meisten Materialien durch die Hydratisierung Farbstoffe ziemlich tief in den Körper eingedrungen waren. Bei den

schon vorher hydratisierten Körpern lag größtenteils eine solche Erscheinung nicht vor, ein Zeichen dafür, daß die Dichte der meisten auf dem Markte befindlichen Silikate den Flüssigkeiten und somit auch den Bakterien den Weg zur Pulpa versperren.

Tabelle VI:

Material	
Diasilik	Oberflächenbenetzung
F.P. 7	geringe Eindringtiefe
Idra	Oberflächenbenetzung
K.-Material	Oberflächenbenetzung

Auswertung: Wie Domin fanden wir, daß F.P. 7 als einzigstes der untersuchten Materialien eine wenn auch nur geringe Eindringtiefe für Farbstoffe besaß. Die übrigen Zemente zeigten keinerlei Aufnahmefähigkeit für Farblösungen.

VII. Die Prüfungen der Transparenz.

Die Transparenz ist von Korte in einer Dissertationsarbeit erschöpfend bearbeitet worden, sodaß ich mich darauf beschränken kann, die Unterschiede zwischen dem gewöhnlichen und meinem Versuchsmaterial herauszustellen.

Es zeigte sich, daß die Oberfläche beim K.-Material wegen der geringeren Hydratisierung glatter blieb als bei anderen Materialien, sodaß die Transparenz, d. h. also die Durchsichtigkeit und die Spiegelung größer waren.

Die chemischen Eigenschaften.

VIII. Die Prüfung auf Säureabspaltung.

Der Austausch von Phosphorsäure gegen Gewebsflüssigkeit läßt ein Silikat zu einer großen Gefahr für die Pulpa werden. Durch Unterlagen sucht man diese Gefahr zu bannen. Viel besser wäre es natürlich, wenn das Material überhaupt keine Phosphorsäure ab-

spalten würde. In einem in dieser Richtung gehenden Bestreben bringt unser neues Material uns ein gutes Stück vorwärts. Die Versuche wurden folgendermaßen ausgeführt:

Die Materialien wurden bei gleicher Konsistenz, gleicher Temperatur und gleichem Stopfdruck zu Körpern geformt, die eine Oberfläche von 2 cm^2 besaßen, dann 20 Minuten an der Luft getrocknet und dann ließ man sie 24 Stunden hydratisieren, d. h. Wasser aufnehmen. Die Phosphorsäure wurde darauf mit Natronlauge zurücktitriert mit Phenolphtalein als Indikator.

Tabelle VIII: Verbrauchte Natronlauge $\frac{n}{10}$ zur Neutralisierung in mm^3 pro cm^2 Oberfläche.

Material	Versuch I	II	III	Mittelwert
Diasilik	118	126	143	129,00
F.P. 7	210	202	220	210,66
Idra	230	235	226	230,33
K.-Material	99	103	96	99,33

Auswertung: Diese Werte zeigen einmal die große Überlegenheit des Diasilik und noch mehr des K.-Materials gegenüber den anderen Präparaten. Außerdem zeigen sie aber auch, daß die Werte von Domin nur auf F.P. 7 und Idra zutreffen, weil eben das Diasilik sehr fest angerührt werden muß, ebenso wie das neue K.-Material.

IX. Die Prüfung auf Säurelöslichkeit.

Bei der Säurelöslichkeit ist auf verchiedene Punkte acht zu geben. Das Hauptkriterium besteht darin, daß sich nur die Bindemasse löst, nicht aber die Härtemasse. Die Härtemasse wird erst dann weggeschwemmt, wenn sie ihren inneren Halt verloren hat, d. h. wenn die Bindemasse sich bereits herausgelöst hat. Die Bindemasse löst sich schon in verdünnten Säuren. Für uns kommt dafür hauptsächlich die Essig-, Zitronen-, Apfel- und Milchsäure in Frage. Wir untersuchen hier vor allen Dingen die Wirkung der Milchsäure.

Diese entsteht überall dann, wenn organische Stoffe in Fäulnis übergehen. Wir nehmen die Milchsäure ½%ig und fügen außerdem noch einen Elektrolyten in Form des Kochsalzes hinzu. Die einhalbprozentige Lösung ist natürlich viel zu stark und entspricht keineswegs den Mundverhältnissen. Die erwähnte einhalbprozentige Milchsäure + einprozentige Kochsalzlösung ergeben in der Jota-Prüfmaschine schon nach 24 Stunden meßbare Ergebnisse. Diese sind allerdings nur Vergleichmaßstäbe, da man ja niemals von einer deratrigen Abnutzung bzw. Haltbarkeit einen Schluß auf die Haltbarkeit im Munde ziehen kann.

Gang der Untersuchung: Die angerührten Pasten werden zu Kugeln von 1 cm ∅ geformt, dann läßt man sie eine halbe Stunde trocknen und darauf 24 Stunden hydratisieren. Dann werden sie in die mit Gummi ausgekleidete Trommel gebracht, die mit 200 cm^3 einhalbprozentigem acidum lacticum plus einprozentiger NaCl-Lösung beschickt ist. Wir ließen diese Trommel sodann 48 Stunden rotieren. Die Gewichtsdifferenz vor und nach der Prüfung ergab die Säurelöslichkeit. Eine Prüfung auf diese Art und Weise schaltet folgende Fehlerquellen aus:

1. Bei Reagenzglasversuchen bildet sich eine kreidige Schicht, die aus Härtemasse besteht, welche ihre Bindemasse verloren hat. Sie läßt sich verhältnismäßig leicht entfernen, hat also praktisch keine Bedeutung mehr, schützt aber den Körper noch vor den weiteren Angriffen der Säure. Durch unsere rotierende Prüfmaschine wird diese kreidige Schicht aber sofort restlos entfernt, sodaß wir hier den Mundverhältnissen ziemlich genau angepaßte Ergebnisse erzielen.

2. Bei Reagenzglasversuchen besteht die Gefahr, daß die Milchsäure in der Nähe des Materials verbraucht wird, daß sich also Zonen bilden, die eine geringere Säurelöslichkeit vortäuschen. Auch diese Gefahr ist bei den rotierenden Mühlen gebannt.

Tabelle IX: Abnahme in Prozenten.

Material	Versuch I	II	III	Mittelwert
Diasilik	17,5	17,2	17,8	17,50
F.P. 7	18,2	18,3	17,7	18,06
Idra	19,0	18,8	19,2	19,00
K.-Material	15,1	15,4	15,3	15,26

Auswertung: Die Werte scheinen auf den ersten Blick erstaunlich, fand doch Domin in seiner Arbeit eine höchste Löslichkeit von 4,4% und bezeichnet er doch Diasilik als das schlechteste Material in dieser Beziehung. Die Differenzen liegen darin begründet, daß einmal in der Jota-Prüfmaschine die ganzen kreidigen Schichten sofort wieder entfernt werden und der Säure neue Angriffsmöglichkeiten geboten werden, daher hier die gewaltige Abnahme. Die Differenzen bei den Ergebnissen innerhalb der einzelnen Präparate erklären sich daraus, daß Domin die Hydratisierungsexpansion nicht berücksichtigt hat; infolgedessen wird ein Material umso günstiger erscheinen, je größer seine Hydratisierungszunahme ist. Diese Ergebnisse sind aber Trugschlüsse. Man muß sich hüten, daraus irgendwelche praktischen Folgerungen zu ziehen.

X. Die Prüfung der Alkalilöslichkeit.

Dieselben Momente, die für die Säurelöslichkeit zutreffen, gelten in gleicher Weise auch für die Alkalilöslichkeit. Nur nehmen wir hier statt Milchsäure einprozentige Sodalösung.

Tabelle X: Abnahme in Prozenten.

Material	Versuch I	II	III	Mittelwert
Diasilik	1,0	1,2	1,1	1,10
F.P. 7	1,2	1,1	1,3	1,20
Idra	1,4	1,2	1,4	1,33
K.-Material	0,8	0,9	1,1	0,93

Auswertung: Für die Alkalilöslichkeit gilt dasselbe, was wir oben bei der Säurelöslichkeit bereits ausgeführt haben.

XI. Die Prüfung auf Klebekraft.

Über die Klebekraft haben wir in dem theoretischen Teil gesprochen. Wir haben gezeigt, daß die Klebekraft ein wichtiges Moment für den guten Randschluß ist, d. h. die Klebekraft allein kann ohne Expansion zumindest nicht ohne Volumbeständigkeit einen guten Randschluß hervorbringen. Dagegen können wir bei einer Expansion auch ohne Klebekraft auskommen. Zum Beweis seien die Amalgame erwähnt, deren guter Randschluß nur durch die Expansion hervorgerufen wird, da sie keine Klebekraft besitzen.

Tabelle XI: Klebekraft in kg pro cm².

Material	Versuch I	II	III	Mittelwert
Diasilik	25	23	27	25,00
F.P. 7	28	30	27	28,33
Idra	37	39	34	36,66
K.-Material	35	31	36	34,00

Auswertung: Mit der Auswertung dieser Tabelle müssen wir sehr vorsichtig sein; einmal gibt es eigentlich gar keine Klebekraft, sondern man muß von einer Haftintensität sprechen und andererseits ist diese Haftintensität von der Viskosität, d. h. der Zähigkeit oder Klebrigkeit der Flüssigkeit abhängig. Dann aber auch besteht eine sehr starke Abhängigkeit von der Konsistens, bis zu welcher das Material angerührt worden ist. Diasilik hat z. B. deshalb die kleinste Klebekraft, weil es sehr fest angerührt wurde und trotzdem dieselbe Viskosität der Säure wie F.P. 7 hat. Bei gleich festem Anrühren werden die Werte von F.P. 7 und Diasilik ungefähr gleich. Ebenso ist es mit Idra- und dem K.-Material. Der gute Randschluß wird allerdings vielmehr durch eine feste Verkeilung, also die Expansion, hervorgerufen. Die Versuche waren auch insofern nicht genau, als das Silikat zwischen den Dentinplättchen, die zusammengeklebt wurden und deren Fläche genau 1 cm² betrug, auch die Expansion auf-

wies. Der Mittelpunkt des Silikates zwischen den Plättchen blieb natürlich unverändert. Radial nach den Seiten hin setzt nun allmählich die Expansion ein. Diese wird natürlich umso größer, je weiter das Silikat von dem Mittelpunkt entfernt ist. Einen halben cm vom Mittelpunkt entfernt beträgt die Expansion schon 2 μ, welche genügt, um die Haftintensität zu stören. Glücklicherweise hatten alle Materialien ungefähr denselben Expansionskoeffizienten, sodaß die Fehlerquellen bei allen Materialien gleich waren. Den besten Versuch gäbe die sogenannte kombinierte Methode an: Ein Elfenbeinring wird mit einem Elfenbeinzylinder, der passend eingeschliffen ist, verkittet. Jetzt wirkt Haftintensität und Expansion zusammen. Die Ergebnisse waren aber so hoch, daß eher der Elfenbeinring als die Kittstelle entzwei ging. Das gab uns ein besonders anschauliches Bild von dem Randschluß einer Füllung.

XII. Die Prüfung der Farbveränderung.

Die Farben können sich ändern

1. dadurch, daß das Material sich von selbst verfärbt, wozu auch die einsetzende Transparenz gehört;

2. durch Verschmutzung. Diese Verschmutzung haben wir ja schon bei der Dichte, d. h. der Eindringtiefe untersucht. Die Versuche konnten nur so durchgeführt werden, daß wir frisch angrührtes Silikat mit älterem Silikat verglichen.

Auch hier war festzustellen, daß das K.-Material und das Diasilik am wenigsten durch die Hydratisierung verändert wurden. Je weniger Säureabspaltung, umso geringer ist ja auch bekanntlich die Hydratisierung. Die Kristallisation setzte dagegen bei allen Materialien zu gleicher Zeit ein und war auch bei allen Materialien nahezu in der gleichen Zeit beendet.

Zusammenfassung.

Das Ziel der Arbeit war an Hand eines mir zur Verfügung gestellten bestimmten Materials sowie des Idrasilikates, Zemente mit viskosen Säuren, in prüfenden Vergleich zu bringen mit Zementen, die weniger viskose Säuren enthalten (F.P. 7 und Diasilik). Die beiden viskosen Materialien unterschieden sich dadurch, daß die Viskosität des Idrasilikates durch eine konzentrierte Säure während die des K.-Materials durch kolloidale Phosphate hervorgerufen worden war. Ebenso verhielten sich die beiden weniger viskosen Materialien zueinander. Die Ergebnisse der Viskosität durch kolloidale Zusätze (Diasilik und K.-Material) einerseits und die Viskosität durch konzentrierte Säuren (Idra und F.P. 7) andererseits zeigten auf allen Gebieten die Überlegenheit der Viskosität durch kolloidale Zusätze. Besonders die Ergebnisse der Druckfestigkeit waren überraschend. Eine Druckfestigkeit von 4000 kg pro cm^2 bietet eine mehrfache Sicherheit gegenüber allen im Munde vorkommenden Druckangriffen und erklärt auch das Indikationsgebiet dieser Materialien für Kronen und Brücken. Das K.-Material wäre wohl das erstrebenswerte Ziel, wenn nur noch die Schwierigkeit überwunden wäre, die darin besteht, daß Spuren von Kohlensäure und Feuchtigkeit der Luft die kolloidal gelösten Phosphate koagulieren. Deshalb ist das Material sehr empfindlich gegenüber der Einwirkung der beiden angeführten Faktoren. Aus diesen Gründen wird auch von dem Hersteller auf den Verkauf dieses Materials abgesehen.

Ich empfinde es als angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Balters für die freundliche Überlassung des Themas verbindlichst zu danken.

Weiterhin möchte ich an dieser Stelle den Herren Direktoren der Jota-Werke in Düsseldorf, die mir in freundlicher Weise das Laboratorium des Werkes für meine Versuche zur Verfügung stellten, besonders Herrn Direktor Rudolf Funke und seinem engsten Mitarbeiter, Herrn Chemiker Herbert Klauer, meinen verbindlichsten Dank abstatten.

Literatur.

Balters: Silikatfüllung. Handwörterbuch d. ges. Zahnheilkunde. Bd. IV (S—Z).

Busch: Die Azidität der Silikatzemente. Diss. Bonn 1936.

Dieck: Übermethodische Prüfung der Silikatzemente. D. M. f. Z. H. 8 u. 10, 1922.

Diener u Klauer: Die Silikatfrage.

Diener: Die neue Silikat-Technik für Aufbauten, Kronen und Brücken. Z.R. 1938 Nr. 25.

Eitel: Physikalische Chemie der Silikate.

Gerke: Neue Verwendungsmöglichkeiten der plastischen Porzellanmassen. D.Z.W. 1938 Nr. 41.

Klauer: Die Volumänderung der zahnärztlichen Zemente. Z. R. 1938 Nr. 27.

— Neutralisiertes Silikatzement. Z. R. 1937 S. 304.

König: Zur Frage der Pulpaschädigung unter Silikatfüllungen. D.Z.W. 1937 Nr. 48.

Korte: Transparenz der Silikatzemente. Diss. Bonn 1939.

Port-Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde.

Schween: Neuere Untersuchungen über das allgemeine und chemisch-physikalische Verhalten der Silikatzemente an Hand von Diasilik. Diss. Köln 1936.

Weinachter: Experimentelle Untersuchungen über die Ursache der Pulpenschädigungen unter Füllungen und ihre Vermeidung. Diss. Bonn 1935.

Lebenslauf.

Ich, Ludwig Lummer, wurde geboren am 11. 12. 1909 als Sohn des Bauern Heinrich Lummer zu Keitlinghausen b. Oelde (Westf.). Vom 7. Lebensjahr an besuchte ich 5 Jahre lang die Volksschule meiner Heimatgemeinde. Darauf mußte ich 1 Jahr wegen einer schweren Kniescheibenverletzung der Schule fernbleiben. Hierauf kam ich auf die fünfklassige höhere Schule nach Oelde und bestand Ostern 1933 am Realgymnasium zu Hamm i. W. die Reifeprüfung. Anschließend war ich über 1 Jahr lang als Landwirtschaftseleve tätig und begann im Herbst 1934 mein zahnärztliches Studium an der Universität Bonn. Dort bestand ich im Sommer 1936 das zahnmedizinische Vorexamen und am 24. Mai 1938 das zahnärztliche Staatsexamen und erhielt gleichzeitig die Bestallung als Zahnarzt.